



ANALISA KINERJA MESIN TORAK 1 HP BERPENGGERAK UDARA BERTEKANAN

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Memenuhi Penyusunan
Skripsi Jenjang S1 Program Studi Teknik Mesin

Oleh:

AZIB MUZANI

NPM. 6418500082

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
2021**

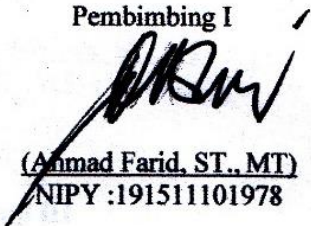
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dipertahankan dihadapan Sidang Dewan
Penguji Skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

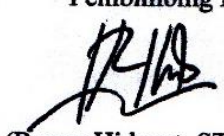
Hari :

Tanggal :

Pembimbing I


(Ahmad Farid, ST., MT)
NIPY :191511101978

Pembimbing II


(Royan Hidayat, ST., MT)
NIPY: 24461531983

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik
Universitas Pancasakti Tegal.

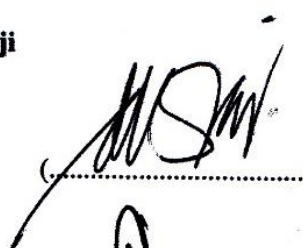
Pada hari :

Tanggal :

Anggota penguji

Penguji I

Ahmad Farid, ST, MT
NIPY. 19151110178

()


Penguji II

Hadi Wibowo, ST, MT
NIPY. 19151110178

()

Penguji III

Isradias Mirajhusnita, ST, MT
NIPY. 19151110178

()



Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

(Dr. Agus Wibowo, ST., MT)
NIPY. 126518101972

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Selalu Berusaha dan Berdoa adalah Jalan menuju kesuksesan
2. Hambatan tantangan akan pasti ada, semangat dan percaya diri adalah penawarnya

PERSEMBAHAN

1. Bapak dan Ibuku tercinta
2. Istri dan Anak-anakku tersayang
3. Teman-teman Teknik Mesin

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “ANALISA KINERJA MESIN TORAK 1 HP BERPENGGERAK UDARA BERTEKANAN” ini beserta seluruh isinya adalah benar – benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Tegal, 2021

Yang membuat pernyataan



Azib Muzani

ABSTRAK

Azib Muzani, 2021. “*ANALISA KINERJA MESIN TORAK 1 HP BERPENGGERAK UDARA BERTEKANAN*”. Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti Tegal.

Terinspirasi dari hasil penemuan mobil udara yang sudah pernah ada sehingga perlu dilakukan pengembangan dengan melakukan kreativitas dan inovasi agar tercipta mesin yang lebih efisien. Dimana mesin yang digunakan adalah berupa mesin kompresor torak 1HP yang kemudian dimodifikasi pada bagian knoken as dengan tujuan agar lebih ringan bergerak. Sementara ruang bakar tetap ada namun pada pensuplai bahan bakar dan pengapian dihilangkan karena sebagai penggerak mesin tidak menggunakan bahan bakar namun udara bertekanan yang dimasukkan kedalam ruang bakar yang kemudian menekan katup yang selanjutnya menggerakkan knoken as dan seterusnya menuju ke poros penggerak.

Metode pengujian yang digunakan penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu melakukan pengujian dengan melakukan variasi bukaan keran udara yang masuk ke mesin yaitu bukaan 30^0 , 60^0 dan 90^0 . Sedangkan agar diketahui torsi dan daya mesin maka dilakukan pembebanan pada poros mesin yaitu 1 - 5 kg.

Hasil penelitian diperoleh bahwa mesin berpenggerak udara bertekanan mampu memutar poros dengan pembebanan 1 - 5 kg dapat menghasilkan putaran poros yang maksimal adalah pada bukaan keran udara 30^0 yaitu rata-rata 367,8 rpm, kemudian bukaan 60^0 dengan rata-rata putaran 363,8 rpm dan putaran poros terendah/mimimun yaitu pada bukaan 90^0 yaitu 342,42 rpm. Mesin berpenggerak udara bertekanan ini menghasilkan torsi minimal 3,53 Nm dan torsi maksimal 17,64 Nm. Sedangkan daya mesin maksimal yang dihasilkan adalah rata-rata 0,534 HP yaitu pada bukaan keran udara 30^0 , dan bukaan 60^0 pada daya rata-rata 0,533 HP, adapun daya mesin terendah/mimimun yaitu pada bukaan 90^0 yaitu 0,498 HP.

Kata Kunci : *Knoken as, Udara, Bertekanan,*

ABSTRACT

Azib Muzani, 2021. **"PERFORMANCE ANALYSIS OF PRESSURE AIR MOVING 1 HP TORAK MACHINE"**. Thesis Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Pancasakti University, Tegal

Inspired by the invention of the air car that has already existed, it is necessary to develop it by doing creativity and innovation in order to create a more efficient engine. Where the machine used is a 1HP compressor piston engine which is then modified on the knoken as in order to make it easier to move. While the combustion chamber remains, but the fuel supply and ignition are removed because as a driving force the engine does not use fuel but compressed air is introduced into the combustion chamber which then presses the valve which then moves the knoken axle and so on to the drive shaft.

The test method used in this research is an experimental method, which is to test by varying the openings of the air taps that enter the engine, namely 30⁰, 60⁰ and 90⁰ openings. Meanwhile, in order to know the torque and engine power, load is carried out on the engine shaft, namely 1 - 5 kg.

The results showed that the engine with compressed air capable of rotating the shaft with a load of 1 - 5 kg can produce the maximum shaft rotation is at the air valve opening of 30⁰, which is an average of 367.8 rpm, then 60⁰ openings with an average rotation of 363.8 rpm. and the lowest / minimum shaft rotation is at 90⁰ openings, namely 342.42 rpm. This compressed air driven engine produces a minimum torque of 3.53 Nm and a maximum torque of 17.64 Nm. While the maximum engine power generated is an average of 0.534 HP, which is at 30⁰ openings for air taps, and 60⁰ openings at an average power of 0.533 HP, while the lowest engine power / minimum is at 90⁰ openings, namely 0.498 HP.

Keywords: Knoken as, Air, Compressed,

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga Proposal Skripsi dengan judul ANALISA KINERJA MESIN TORAK 1 HP BERPENGGERAK UDARA BERTEKANAN ini dapat diselesaikan dengan baik. Proposal Skripsi ini disusun untuk memenuhi Penyusunan Skripsi Jenjang S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Kota Tegal.

Dalam kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan proposal skripsi ini:

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Ahmad Farid, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Royan Hidayat, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Hadi Wibowo, ST., MT. Selaku Ka.Progdi Teknik Mesin.
5. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Pancassakti Tegal.
6. Bapak dan Ibuku yang tak pernah lelah mendoakanku.
7. Istri dan Anakku tercinta yang selalu memberi semangat dalam penulisan.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan dan pertolongan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Diluar kekurangan tersebut, penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca sekalian. Amin.

Tegal, Februari 2021

Azib Muzani

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | iv |
| PERNYATAAN..... | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| PRAKATA..... | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN | xiii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Penelitian..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 3 |
| C. Batasan Masalah | 3 |
| D. Tujuan Penelitian..... | 4 |
| E. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| F. Sistematika Penulisan | 5 |
| | |
| BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| A. Landasan Teori | 7 |
| 1. Pengertian Mesin Berpenggerak Udara..... | 7 |
| 2. Sejarah | 7 |
| 3. Jenis Mesin Udara..... | 8 |
| 4. Mekanisme Mesin Udara | 11 |
| 5. Mekanisme Mesin Bensin..... | 13 |
| 6. Karakteristik Mesin Bensin | 14 |

| | |
|---|----|
| 7. Komponen Penggerak Mesin Motor Bakar | 15 |
| 8. Perhitungan Kinerja Mesin | 19 |
| B. Tinjauan Pustaka..... | 21 |

BAB III METODELOGI PENELITIAN

| | |
|-------------------------------------|----|
| A. Metode Penelitian | 27 |
| B. Tempat dan Waktu Penelitian..... | 27 |
| C. Instrumentasi Penelitian..... | 28 |
| D. Variabel Penelitian..... | 31 |
| E. Metode Pengumpulan Data..... | 32 |
| F. Metode Analisa data | 33 |
| G. Diagram Alur Penelitian | 34 |

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

| | |
|---------------------------|----|
| A. Hasil Penelitian | 35 |
| B. Pembahasan | 40 |

BAB V PENUTUP

| | |
|---------------------|----|
| A. Kesimpulan | 45 |
| B. Saran | 46 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar

| | |
|---|----|
| 1.1. Mobil Udara Helmy Dja'far Surabaya | 2 |
| 2.1. Tim Pneumobil POwAir Univreistas Obuda | 11 |
| 2.2. Mekanisme Kerja Mobil Udara | 12 |
| 2.3. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah | 13 |
| 2.4. Tipe Mekenisme Mesin..... | 17 |
| 2.5. <i>Lobe sparation angle</i> (LSA) | 19 |
| 2.6 Skema Aliran Daya Kendaraan..... | 25 |
| 2.7 Komponen <i>Motor Pneumatic Rotary</i> | 25 |
| 3.1 Mesin uji | 28 |
| 3.2 Diagram Alur Penelitian | 34 |
| 4.1 Grafik Hubungan Bukaannya Terhadap Putaran Mesin | 40 |
| 4.2 Grafik Hubungan Bukaannya dan Pembebanan Terhadap Torsi Mesin | 42 |
| 4.3 Grafik Hubungan Bukaannya dan Pembebanan Terhadap Daya Mesin | 43 |

DAFTAR TABEL

Tabel

| | |
|--|----|
| 4.1 Hasil Pengujian Keran 30^0 | 35 |
| 4.2 Hasil Pengujina Keran 60^0 | 36 |
| 4.3 Hasil Pengujian Keran 90^0 | 37 |
| 4.4 Rekap Hasil Perhitungan | 39 |

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

| | |
|----------|--|
| P | : Daya (HP) |
| T | : Torsi (Nm) |
| W | : Beban (N) |
| m | : Massa (kg) |
| g | : Gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$) |
| ω | : kecepatan radial (rpm) |
| HP | : Horse Power |

BAB I

PENDAHULUAN

A. LatarBelakang

Berkembangnya teknologi menuntut masyarakat agar terus ikut mengikuti perkembangan dan juga berkreasi, serta inovasi untuk melakukan perubahan-perubahan. Salah satu perkembangan teknologi adalah pada rekayasa energi yaitu dalam proses pengolahan dan pemanfaatan energi, baik dari energi yang dapat diperbaharui maupun yang tidak dapat diperbaharui. Energi yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) misalnya adalah energi air, energi angin/ udara, energi matahari dan lainnya. Sedangkan yang tidak dapat diperbaharui adalah energi dari minyak bumi, batu bara dan gas alam, yang lambat laun bila terus digunakan akan habis. Oleh karena itu diperlukan suatu inovasi pemanfaatan energi lain agar cadangan energi alam tidak cepat habis. Adapun inovasi yang menjadi inspirasi untuk dilakukan eksperimen dalam penelitian ini yaitu merekayasa motor bakar/ mesin berpenggerak dari bahan bakar minyak menjadi mesin berpenggerak dari udara bertekanan.

Mesin Udara adalah mesin penggerak yang energinya berasal dari pemanfaatan energi potensial yang tersimpan dalam udara yang kemudian ditekan untuk dikonversikan menjadi tenaga kinetik untuk dapat menggerakkan suatu benda. Cara kerja dari mesin udara ini adalah berupa udara yang bertekanan tinggi disimpan dalam sebuah tabung, kemudian udara ini dialirkan ke sebuah mesin torak yang akan bergerak dan pada akhirnya memutar roda. Piston yang bergerak oleh tekanan udara ini mirip dengan prinsip dasar mesin uap piston, hanya disini,

fungsi uap digantikan oleh udara bertekanan yang disimpan di dalam tabung. Mesin ini adalah sebuah alternatif untuk sebuah tenaga penggerak yang bebas polusi dan murah.

Salah satu contoh mesin udara/angin yang diaplikasikan pada kendaraan adalah kendaraan ciptaan seorang dokter bernama Dokter Helmi Dja'far. Sekilas mobil ini terlihat seperti mobil jadul yang berdimensi kecil. Namun ternyata mobil yang wajahnya seperti bajaj ini memiliki mesin berbahan bakar angin rancangan beliau sendiri.



Gambar 1. Mobil udara Helmy Dja'far Surabaya

Sumber : <https://www.pricearea.com/artikel/indonesia-pencipta-mobil-bertenaga-angin-pertama-di-dunia/>

Terinspirasi dari hasil penemuan mobil udara diatas maka dalam kesempatan ini juga akan dilakukan penelitian tentang mesin/mobil berbasis penggerak dari udara yaitu dengan judul “Analisa Kinerja Mesin Torak 1HP Berpenggerak Udara Bertekanan”. Dimana mesin yang akan digunakan adalah berupa mesin kompresor torak 1HP yang kemudian dimodifikasi pada bagian knoken as dengan tujuan agar lebih ringan bergerak. Sementara ruang bakar tetap

ada namun pada pensuplai bahan bakar dan pengapian dihilangkan karena sebagai penggerak mesin tidak menggunakan bahan bakar namun udara bertekanan yang dimasukkan kedalam ruang bakar yang kemudian menekan katup yang selanjutnya menggerakkan knoken as dan seterusnya menuju ke poros penggerak. Adapun untuk mengetahui jumlah udara yang dimasukkan keruang dalam mesin agar kerja lebih optimal yaitu dengan mengatur jumlah udara yang masuk dengan menganalisis hasil dengan perhitungan dan grafik.

B. Rumusan Masalah

Dari permasalahan latar belakang diatas maka masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi pengaturan bukaan keran udara pada mesin berpenggerak udara bertekanan terhadap putaran poros mesin?
2. Bagaimana pengaruh variasi pengaturan bukaan keran udara pada mesin berpenggerak udara bertekanan terhadap torsi mesin?
3. Bagaimana pengaruh variasi pengaturan bukaan keran udara pada mesin berpenggerak udara bertekanan terhadap daya mesin?

C. Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin yang digunakan sebagai alat uji adalah mesin kompresor bekas jenis bahan bakar dengan daya 1PK.
2. Mesin kompresor yang digunakan adalah hanya pada bagian ruang bakar dan penggerak, sementara karburator (pengatur bahan bakar)

dihilangkan.

3. Melakukan perubahan system kerja dari mesin bensin menjadi mesin udara
4. Memodifikasi bagian knoken as agar lebih ringan menerima tekanan kerja sehingga poros dapat berputar dari adanya tekanan udara yang masuk dalam eks ruang bakar dan mengerakkan katup..
5. Udara bertekanan yang digunakan sebagai penggerak mesin adalah oksigen dalam tabung/ udara tekanan dalam tabung yang dihasilkan dari kompresor.
6. Data yang diambil untuk mengetahui kinerja mesin berupa putaran poros dengan beban dan tanpa beban.

D. Tujuan dan Manfaat Penulisan

1. Tujuan dalam penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui cara melakukan perubahan mesin bensin menjadi mesin udara.
- b. Untuk mengetahui komponen apasaja yang diperlukan perubahan pada mesin mesin menjadi mesin udara.
- c. Untuk mengetahui bagaimana kinerja dari mesin udara tersebut.

2. Manfaat dari Penelitian ini adalah:

- a. Dapat mengetahui cara melakukan perubahan mesin bensin menjadi mesin udara.

- b. Dapat mengetahui komponen apa saja yang diperlukan perubahan pada mesin mesin menjadi mesin udara.
- c. Dapat mengetahui kinerja dari mesin udara tersebut.

E. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini memuat Latar Belakang Masalah, Permasalahan, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian, serta Sistematika Penulisan.

BAB II Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang Landasan Teori yang akan digunakan dan Tinjauan Pustaka yang berisi tentang penelitian-penelitian yang sebelumnya.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini berisi Metode Penelitian, Waktu dan Tempat Penelitian, Populasi, Sampel dan Teknik Pengambilan Sample, Metode Pengumpulan Data, Metode Analisis Data, dan Diagram Alur Penelitian.

BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada bab ini akan membahas tentang metodologi penelitian yang digunakan pada penulisan skripsi. Bab ini berisi Hasil Penelitian Dan Pembahasan.

BAB V Simpulan dan Saran

Pada bab ini berisi tentang simpulan dari hasil penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang ada dan saran pelaksanaan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Pengertian Mesin berpenggerak Udara

Mesin berpenggerak udara adalah mesin penggerak yang berasal dari pemanfaatan energi potensial yang tersimpan dalam udara yang kemudian ditekan dan dikonversikan menjadi tenaga kinetik untuk menggerakkan suatu komponen atau benda. Dalam prosesnya udara yang bertekanan tinggi tersebut disimpan dalam sebuah tabung, kemudian udara ini dialirkan ke sebuah mesin torak yang akan bergerak dan pada akhirnya memutar roda. Torak yang bergerak oleh tekanan udara ini mirip dengan prinsip dasar mesin uap torak, hanya disini, fungsi uap digantikan oleh udara bertekanan yang disimpan di dalam tabung. Mesin ini adalah sebuah alternatif untuk sebuah tenaga penggerak yang bebas polusi dan murah.

Sumber : [https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin udara](https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin_udara).

2. Sejarah

Udara bertekanan telah digunakan sejak abad ke-19 untuk menggerakkan lokomotif dan trem tambang di kota-kota seperti Paris (melalui sistem distribusi energi udara terkompresi tingkat pusat, tingkat kota), dan sebelumnya menjadi dasar penggerak torpedo angkatan laut.

Selama pembangunan Gotthardbahn dari tahun 1872 hingga 1882, lokomotif pneumatik digunakan dalam pembangunan Terowongan Kereta Gotthard dan terowongan lain di Gotthardbahn.

Pada tahun 1903, Perusahaan Liquid Air yang berlokasi di London Inggris memproduksi sejumlah mobil bertekanan udara dan udara cair. Masalah utama pada mobil-mobil ini dan semua mobil bertekanan udara adalah kurangnya torsi yang dihasilkan oleh "mesin" dan biaya untuk mengompresi udara.

Sejak 2010, beberapa perusahaan telah mulai mengembangkan mobil udara bertekanan termasuk jenis hybrid yang juga termasuk mesin berbahan bakar bensin; tidak ada yang dirilis ke publik, atau telah diuji oleh pihak ketiga.

3. **Jenis mesin udara**

Beberapa perusahaan telah menyelidiki dan memproduksi prototipe termasuk kendaraan hybrid udara bertekanan/ bensin. Hingga Agustus 2017, belum ada pengembang yang berproduksi, meskipun Tata telah mengindikasikan mereka akan mulai menjual kendaraan mulai tahun 2020 dan distributor MDI di AS, *Zero Pollution Motors*, mengatakan produksi *AIRPod* dimulai di Eropa pada 2018.

Mobil dan sepeda eksperimental pada tahun 2008, kendaraan bertekanan udara dan gas alam yang dirancang oleh

mahasiswa teknik di Deakin University di Australia menjadi pemenang bersama kompetisi *Ford Motor Company T2* untuk memproduksi mobil dengan jarak tempuh 200 km dan biaya kurang dari \$ 7.000.

Perusahaan Australia, Engineair, telah memproduksi sejumlah jenis kendaraan - moped, mobil kecil, pengangkut kecil, go-cart - di sekitar mesin udara bertekanan putar yang dibuat oleh Angelo Di Pietro .

Sepeda motor bertenaga udara terkompresi, yang disebut Sepeda Motor Bertenaga Udara Berkecepatan Hijau dibuat oleh Edwin Yi Yuan, berdasarkan pada Suzuki GP100 dan menggunakan mesin udara tekan Angelo Di Pietro.

Tiga mahasiswa teknik mesin dari San Jose State University ; Daniel Mekis, Dennis Schaaf dan Andrew Merovich, merancang dan membuat sepeda yang beroperasi di udara bertekanan. Total biaya prototipe di bawah \$ 1000 dan disponsori oleh *Sunshops* (di Boardwalk di Santa Cruz, California) dan *NO DIG NO RIDE* (dari Aptos, California). Kecepatan tertinggi pelayaran perdananya pada Mei 2009 adalah 23 mph. Meskipun desainnya sederhana, ketiga pelopor kendaraan bertenaga udara tekan ini membantu membuka jalan untuk produsen mobil Prancis Peugeot Citroën untuk menciptakan hibrida bertenaga udara baru. Sistem '*Hybrid Air*' menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan roda mobil saat

melaju di bawah 43 mph. Peugeot mengatakan sistem *hybrid* baru harus mampu menghasilkan hingga 141 mil per galon bahan bakar. Model harus diluncurkan pada tahun 2016. Kepala proyek meninggalkan Peugeot pada 2014 dan pada 2015 perusahaan mengatakan tidak dapat menemukan mitra untuk berbagi biaya pengembangan, yang secara efektif mengakhiri proyek.

Kendaraan roda tiga yang diberi nama "*Ku: Rin*" dikompresi udara diciptakan oleh Toyota pada tahun 2011. Keistimewaan kendaraan ini adalah ia telah mencatatkan rekor kecepatan tertinggi 129,2 km / jam (80 mph) meskipun memiliki mesin yang menggunakan hanya udara terkompresi. Mobil ini dikembangkan oleh "bengkel mobil impian" perusahaan. Mobil ini dijuluki sebagai "roket halus", atau "roket berbentuk pensil".

Sebagai bagian dari acara TV Planet Mechanics, Jem Stansfield dan Dick Strawbridge mengubah skuter biasa menjadi moped udara terkompresi. Ini telah dilakukan dengan melengkapi skuter dengan mesin udara bertekanan dan tangki udara.

Pada tahun 2010, Honda menghadirkan mobil konsep Honda Air di LA Auto Show.

Sejak 2008 mantan Bosch Rexroth, sekarang Emerson menyelenggarakan Kompetisi Pneumatik *AVENTICS Internasional Emerson* di Eger, Hongaria. Ini adalah kompetisi bagi pelajar di

perguruan tinggi untuk membuat kendaraan balap yang digerakkan oleh udara bertekanan.



Gambar 2.1 Tim Pneumobil PowAir Universitas Obuda

Ada konferensi internasional terkait acara yang diselenggarakan oleh Universitas Óbuda, Departemen Teknik Mesin dan Keselamatan Bánki Donát. Salah satunya adalah Lokomotif bertekanan udara. Lokomotif bertekanan udara adalah sejenis lokomotif tanpa api dan telah digunakan di pertambangan dan pembuatan terowongan.

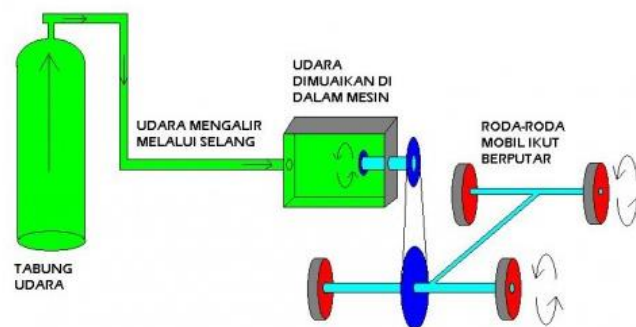
Berbagai trem bertekanan udara telah diujicobakan, mulai tahun 1876. Di Nantes dan Paris, trem semacam itu beroperasi secara teratur selama 30 tahun.

Saat ini, tidak ada kendaraan air atau udara yang menggunakan mesin udara tekan. Secara historis, torpedo tertentu digerakkan oleh mesin bertekanan udara.

4. **Mekanisme Mesin udara**

Prinsip kerja yang digunakan dalam mobil ini sebenarnya cukup sederhana, yakni dengan memanfaatkan udara yang memuai di dalam mesin. Pemuaian ini nantinya akan menggerakkan roda gigi sehingga

mobil dapat berjalan. Sekedar informasi saja, bahwa mobil ini sanggup berlari hingga lebih dari 70 km/jam. Kecepatan yang sangat luar biasa untuk ukuran prototype mobil bertenaga angin. Secara sederhana mekanisme kendaraan udara adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Mekanisme Kerja Mobil udara
<https://www.pricearea.com/artikel/indonesia-pencipta-mobil-bertenaga-angin-pertama-di-dunia/>

Namun tentu saja mobil ini masih memiliki kelemahan, yakni terbatasnya daya jelajah. Satu tabung udara besar berkapasitas besar tersebut hanya dapat membawa mobil ini melaju hingga jarak kurang dari 10km. yang artinya setiap 10km mobil ini harus diisi ulang dengan udara. Mungkin hal ini akan sangat cocok jika dikembangkan menjadi moda kendaraan umum seperti Trans Jakarta yang memiliki stasiun pengisian angin di setiap haltenya. Tentunya pengisian angin ini akan jauh lebih singkat daripada harus mengisi atau recharge ulang listrik pada mobil bertenaga elektrik. Di masa depan jika mobil ini benar-benar akan diproduksi massal, tentunya polusi di bumi dapat ditekan lebih jauh lagi. Udara di kota-kota besar seperti di Jakarta

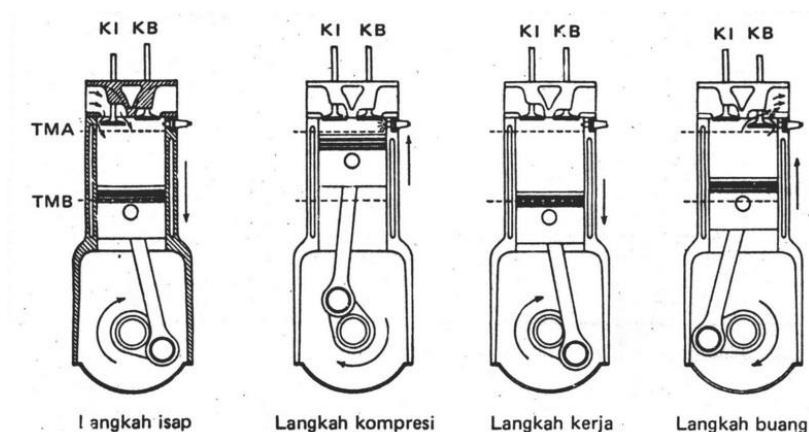
akan kembali segar dan bersih. Tentunya mesin bertenaga udara ini tidak membutuhkan biaya dalam pengoperasiannya. Selain ramah lingkungan, biaya operasional yang murah, dan tentu saja dengan adanya mobil bertenaga angin ini nantinya masyarakat tidak akan dibingungkan dengan biaya kenaikan BBM seperti yang sudah-sudah.

5. Mekanisme Mesin Bensin

a) Mesin bensin 4 langkah (4-tak / 4-stroke).

Prinsipnya, bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar dan dimampatkan. Setelah itu terjadi ledakan yang dipicu oleh loncatan bunga api di ujung busi. Ledakan ini menghasilkan tenaga untuk mendorong piston yang dimanfaatkan untuk menggerakkan kendaraan. Sisa gas dari ledakan ini dibuang melalui sebuah katup keluar di dalam ruang bakar dan dibuang ke udara melalui knalpot.

Langkah-Langkah Cara Kerja Pada Mesin Bensin (Gasoline Engine)



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah

- 1) Piston turun, posisi *intake valve* (katup masuk) terbuka dan *exhaust valve* (katup keluar) tertutup. Bahan bakar bercampur udara terhisap masuk ke dalam ruang bakar.
- 2) Piston naik, posisi *intake valve* dan *exhaust valve* tertutup, terjadi kompresi (pemampatan campuran udara bahan bakar) akibat tekanan dari piston yang bergerak naik.
- 3) Terjadinya ledakan yang dipicu oleh percikan api dari busi yang dihasilkan oleh tegangan tinggi dari coil, posisi *intake valve* dan *exhaust valve* tertutup, ledakan menghasilkan tenaga dan mendorong piston kebawah sehingga menggerakkan *crank shaft* seperti ayunan sepeda.
- 4) Piston naik, posisi *intake valve* tertutup dan *exhaust valve* terbuka, dorongan dari naiknya piston membuat gas buang hasil dari pembakaran (ledakan) terdorong keluar melalui *exhaust valve*.

Proses berulang dari langkah 1 hingga 4 pada semua silinder.

6. **Karakteristik Mesin Bensin (Gasoline Engine)**

- a. Bahan bakar yang digunakan adalah bensin (*premium, pertalite, pertamax, shell super, dll*)
- b. Membutuhkan komponen pengapian untuk proses pembakaran

- c. Rasio Kompresi relatif kecil, umumnya antara 8:1 hingga 12:1 (bisa lebih bisa kurang).
- d. Tenaga (*power*) dan torsi (*torque*) baru bisa dicapai pada rpm yang lebih tinggi dari mesin diesel.
- e. Tenaga maksimum (*max. power*) lebih tinggi dari mesin diesel, namun torsi puncak (*peak torque*) lebih rendah dari mesin diesel
- f. Mampu dioperasikan pada rpm tinggi
- g. Akselerasi terasa lebih baik daripada mesin diesel
- h. Getaran dan suara yang dihasilkan mesin bensin lebih halus dari mesin diesel
- i. Polusi yang dihasilkan terlihat lebih bersih dari mesin diesel, meskipun sama-sama beracun
- j. Material mesin bensin tidak sekokoh dan seberat mesin bensin

7. **Komponen Penggerak Mesin Motor Bakar**

- a. Mekanisme gerak katup

Seperti yang diketahui bahwa campuran udara dan bahan bakar masuk ke silinder melalui katup masuk dan gas bekas pembakaran keluar dari dalam silinder melalui katup buang. Mekanisme membuka dan menutup katup-katup ini disebut mekanisme katup. Kali ini akan membahas mengenai tipe-tipe

mekanisme katup. Tipe mekanisme katup yang akan kita bahas adalah OHV, SOHC, dan DOHC.

1) ***Over Head Valve (OHV)***

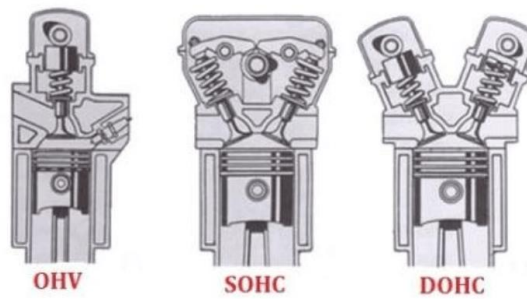
Mekanisme katup dengan penempatan katupnya di kepala silinder. *Camshaft* (poros bubungan/noken as) berada di bawah yaitu pada blok silinder, untuk menggerakkan katup *camshaft*nya dibantu dengan pengangkat katup (*valve lifter*) dan *push rod* antara *rocker arm* (pelatuk). Mekanisme ini dibutuhkan banyak komponen untuk menggerakkan katup sehingga pada putaran tinggi pembukaan dan penutupan katup kurang ideal.

2) ***Single Over Head Camshaft (SOHC)***

Single Over Head Camshaft ini merupakan mesin yang menggunakan satu *camshaft* (poros bubungan/noken as) yang terletak di atas. Setiap silinder terdapat satu *camshaft* dengan 2 katup, yaitu katup hisap (*intake valves*) yang berfungsi menghisap campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar dan katup buang (*exhaust valves*) yang berfungsi sebagai menghisap sisa pembakaran ke knalpot. SOHC memiliki performa yang lebih baik.

3) ***Double Over Head Camshaft (DOHC)***

Double Over Head Camshaft ini merupakan mesin yang dalam satu piston memiliki dua pasang *over head*, sehingga mesin tersebut mempunyai 4 klep dimana 2 klep mengatur untuk masukan bahan bakar dan dua klep lainnya untuk mengatur keluaran gas buang. DOHC ini memiliki dua *camshaft* (poros bubungan/noken as). Tipe ini dianggap mekanisme katup yang paling baik



Gambar 2.4 Tipe Mekanisme Katup
(Sumber : Nusantara Sakti, 2016)

b. *Camshaft* atau *Noken As*

Camshaft atau yang disebut juga dengan noken as adalah komponen penting pada motor 4 tak yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar. *Camshaft* di desain berdasarkan 4 hal :

1) Durasi

Adalah waktu buka-tutup katup dalam 1 siklus kerja yang dihitung berdasarkan perubahan posisi poros

engkol yang diukur dalam bentuk derajat. Berdasar riset, besar kecil durasi ideal *camshaft* ditentukan oleh karakter jalanan dan besarnya volume silinder.

2) *Lift*

Adalah tinggi angkatan katup dihitung dari posisi katup menutup sempurna sampai dengan posisi katup membuka *full* sempurna. Selisih dari hal tersebut adalah *lift* katup. Besar kecil *lift* katup ditentukan oleh diameter katup (0,32 dari D katup), perbandingan *rocker arm*, kualitas bahan katup dan pegas katup.

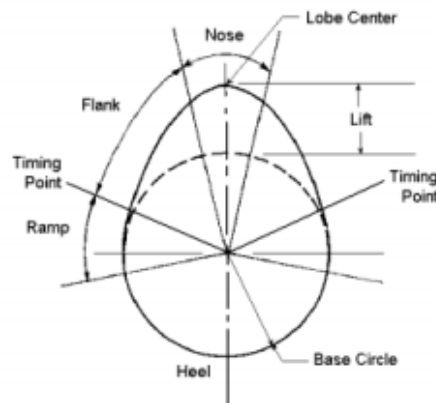
3) Profil

Adalah bentuk dari *camshaft*, yang membedakan antara *camshaft* satu dengan yang lainnya adalah dilihat dari *flank* dan *nose*. Meskipun durasi dan *lift* sama belum tentu karakter *camshaft*nya sama juga.

4) *Lobe separation angle* (LSA)

Adalah jarak titik puncak tonjolan antara *cam in* dan *cam out* yang diterjemahkan dalam bentuk sudut derajat poros engkol. Hal ini berhubungan dengan sudut

overlapping camshaft motor. Dari riset yang dilakukan, LSA sangat mempengaruhi karakter mesin motor yang dihasilkan. Semakin kecil LSA *power band* yang dihasilkan mesin semakin sempit dan *peak power* terjadi pada rpm tinggi. Begitu juga sebaliknya dengan LSA besar.



Gambar 2.5 *Lobe separation angle (LSA)*
(Sumber : Ibrahim Hasan, UNY 2012)

8. Perhitungan Kinerja Mesin

a. *Flywheel*

Flywheel atau Roda Gila atau Roda Penyeimbang Gaya adalah salah satu elemen mesin yang berbentuk bulat dengan bobot massa yang besar, yang terhubung langsung dengan poros engkol dan biasanya terletak sebelum atau setelah alat penghubung untuk out-put. *Flywheel* ini berfungsi sebagai penyeimbang gaya dan mengatur putaran mesin sehingga putaran mesin dapat berjalan dengan baik.

Prinsip kerja dari Flywheel ini adalah menjaga putaran mesin agar tetap berjalan normal dan tidak kaku sehingga out-put yang dihasilkan bisa dikontrol.

$$M = \text{massa jenis} \times \text{volume} \{ \text{kg/m}^3 \}. \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \Sigma \int r^2 dm \{ \text{kg/m}^2 \}. \dots\dots\dots (2)$$

$$E = \frac{1}{2} I (\omega_t^2 - \omega_0^2) \{ \text{Joule} \}. \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

M = *Massa Flywheel*

I = *Momen Inersia Flywheel*

E = *Energi Kinetik yang Tersimpan Flywheel*

b. Daya Penggerak

Secara umum daya diartikan sebagai suatu kemampuan yang dibutuhkan untuk melakukan sebuah kerja, yang dinyatakan dalam satuan Watt ataupun HP. Penentuan besar daya yang dibutuhkan perlu memperhatikan beberapa hal yang mempengaruhinya, diantaranya adalah:

- 1) Berat dan gaya yang bekerja pada mekanisme.
- 2) Kecepatan putar dan torsi yang terjadi.

Berikut adalah rumus untuk mencari harga daya, gaya, torsi, kecepatan putar dan berat yang terjadi pada mekanisme mesin:

- 1) Daya berdasarkan torsi dan kecepatan sudut dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \tau \times \omega \dots\dots\dots (4)$$

- 2) Untuk mencari kecepatan sudut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \dots\dots\dots(5)$$

- 3) Untuk mencari torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = w \cdot b \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

T : Torsi (N.m)

w : beban (N) = m.g (kg,m/s²)

b : Jarak pembebanan dengan pusat perputaran (m)

- 4) Berdasarkan putaran poros, maka daya dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

n = Putaran poros (rpm)

T = Torsi (N.m)

P = Daya (watt)

B. Tinjauan Pustaka

1. Penelitian yang dilakukan oleh Bambang Setyono, Desmas Arifianto Patriawan, Efrita Arfah Zuliari dan Satria Mahdum Purbo Waseso dari Jurusan Teknik Mesin dan Jurusan Teknik Elektro ITATS Surabaya dalam jurnal Jurnal IPTEK – Volume 23 Nomer 1, Mei 2019.

homepage URL : <https://ejurnal.itats.ac.id/index.php/iptek> dengan judul “**Desain dan Analisis Performasi Sistem Penggerak Purwarupa Kendaraan Hibrid Bertenaga Udara dan Listrik Bed 18 menggunakan *Scotch Yoke Mechanism***” dihasilkan kesimpulan bahwa kendaraan hibrida adalah kendaraan yang menggunakan dua jenis teknologi atau lebih sebagai sumber tenaganya. Teknologi yang digunakan pada penelitiannya yaitu teknologi udara bertekanan dan motor listrik. *Scotch yoke* atau bisa disebut juga mekanisme penghubung berlubang (*slotted link*) adalah mekanisme gerak bolak balik dengan mengkonversikan gerak linier ke dalam gerak rotasi (gerak putar) maupun sebaliknya. Penggunaan sistem *scotch yoke* umumnya banyak digunakan pada aktuator katup kontrol pada pipa olie dan gas tekanan tinggi. Sistem ini juga telah digunakan pada variasi motor pembakaran dalam, seperti *Bourke Engine*, *SyTec Engine*, dan banyak digunakan pada mesin udara tekanan tinggi serta *steam engine* (mesin uap). Pada penelitian ini penggerak udara bertekanan kendaraan “*hybrid BED 18*” menggunakan mekanisme *Scotch Yoke*. Kendaraan *hybrid* adalah kendaraan yang menggunakan dua jenis teknologi atau lebih sebagai sumber tenaganya. [2] Kendaraan “*hybrid BED 18*” menggunakan kombinasi *dual engine* yaitu motor listrik BLDC dan penggerak udara bertekanan silinder pneumatik. Penelitian ini berfokus pada mesin penggerak udara bertekanan dengan menggunakan *scotch yoke mechanism*. Tujuan

penelitiannya yaitu untuk merancang kontruksi *scotch yoke* sebagai mesin penggerak udara, menganalisis performansi mesin dengan memvariasikan tekanan udara, dan jumlah kebutuhan konsumsi energi udara, serta pengaruh penambahan *flywheel* pada mekanisme *scotch yoke*. Hasil penelitiannya adalah kontruksi mekanisme *scotch yoke* terdiri dari 11 komponen dengan silinder pneumatik sebagai penggerak liner dan selanjutnya di konversikan ke gerak rotasi oleh *yoke* dan *crank*. Hasil performansi didapat melalui dua pengujian yaitu pengujian eksperimen dengan alat uji *dynotest* dan pengujian perhitungan teoritis. Jumlah konsumsi satu kali kerja sistem penggerak udara bertekanan sebanyak 0.148 L dan kendaraan dapat menempuh sejauh 1.198 dengan 2 tabung udara kapasitas 14 L.

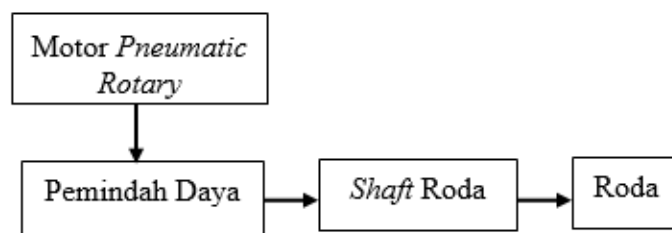
2. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Shalahuddin Ghaly dan Yuniarto Agus Winoko prodi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang. Dalam Jurnal Flywheel, Volume 10, Nomor 2, September 2019. Dengan judul : “Analisis Perubahan Diameter *Base Circle Camshaft* Terhadap Daya Dan Torsi Pada Sepeda Motor”. Dijelaskan bahwa Sepeda motor yang digunakan berbeda dengan sepeda motor yang digunakan untuk sehari-hari yaitu sepeda motor balap dalam penelitiannya telah dilakukan modifikasi pada beberapa komponen yang bertujuan untuk meningkatkan daya dan torsi. Pada umumnya untuk meningkatkan daya dan torsi selain memodifikasi piston, memodifikasi sistem pengapian, memodifikasi sistem bahan bakar

yaitu dengan memodifikasi sistem mekanisme katup. Modifikasi sistem mekanisme katup ini dapat dilakukan dengan cara melakukan perubahan pada diameter *base circle* intake dan exhaust pada *camshaft*. Penelitian ini yaitu melakukan pengamatan pengaruh besar diameter *base circle* terhadap daya dan torsi pada mesin sepeda motor 4 langkah. Objek yang digunakan yaitu menggunakan sepeda motor tipe *matic*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh besar diameter *base circle* terhadap daya dan torsi pada sepeda motor 4 langkah. Metode pengujian kinerja menggunakan ISO 1585 dikarenakan ISO 1585 adalah suatu standarisasi untuk pengambilan data daya dan torsi untuk mesin pembakaran dalam. Hasil daya saat menggunakan *camshaft* standar 9.8 HP, torsi 25.25 Kgm hasil daya saat menggunakan *camshaft* modifikasi 1 adalah 11.9 HP, torsi 25 Kgm, adapun modifikasi 2 adalah 10.4 HP, torsi 23 Kgm dan modifikasi 3 adalah 10.9 HP, torsi 27.5 Kgm dan modifikasi 4 10.1 HP, torsi 20.5Kgm. Dapat disimpulkan hasil yang paling baik untuk daya adalah dengan menggunakan *camshaft* modifikasi 1 dan untuk torsi menggunakan *camshaft* modifikasi 3.

3. Dalam penelitiannya Rifqi Ijlal Taufiqi, Juli 2020. Jurusan Teknik Mesin UNNES Semarang dalam penelitian dengan judul “ANALISIS SISTEM PNEUMATIK SEBAGAI PENGGERAK KENDARAAN *HYBRID* RAMAH LINGKUNGAN”. Yaitu Memanfaatkan sumber daya udara menggunakan sistem pneumatik sebagai mesin penggerak

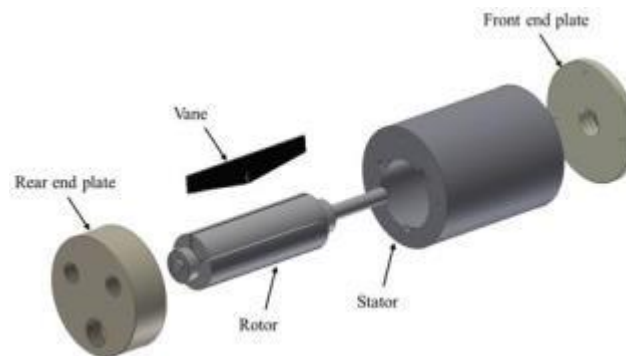
kendaraan. Tujuan penelitian ini untuk menjelaskan cara kerja konsep penggerak *hybrid electric pneumatic*, menganalisis daya dan torsi yang dibutuhkan kendaraan, dan menjelaskan desain rancangan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah perancangan Pahl and Beitz. Output dari penelitian ini yaitu desain rancangan yang sudah disesuaikan dengan analisis kebutuhan kendaraan. Berikut skema aliran daya kendaraan pneumatic pada kendaraan :



Gambar 2.6 Skema Aliran Daya Kendaraan
(Sumber: Rifqi Ijlal Taufiqi, Juli 2020)

Daya yang dihasilkan motor *pneumatic rotary* ($P_{\text{pneumatik}}$) dihubungkan oleh pemindah daya lalu *shaft* roda. Penghubung antara motor *pneumatic rotary* sampai ke *shaft* roda adalah roda gigi. adapun bentuk rotary adalah sebagai berikut:



Gambar 2.7 Komponen *Motor Pneumatic Rotary*
(Sumber: Rifqi Ijlal Taufiqi, Juli 2020)

Pada roda gigi terdapat efisiensi yang mengakibatkan berkurangnya nilai torsi. Torsi merupakan ukuran kekuatan mesin untuk melakukan kerja yaitu menggerakkan atau memindahkan kendaraan dari kondisi diam hingga berjalan.

Hasil dari penelitiannya adalah konsep penggerak menggunakan tipe *hybrid* paralel kompleks, motor *pneumatic rotary* tipe VS12C mampu dijadikan sebagai penggerak sekunder kendaraan *hybrid electric pneumatic*, Daya yang dibutuhkan motor *pneumatic rotary* untuk menggerakkan kendaraan *hybrid electric pneumatic* pada jalan mendatar adalah 5,4 kW dan torsi yang dibutuhkan motor *pneumatic rotary* untuk menggerakkan kendaraan di jalan mendatar adalah 9,7 Nm. Rancangan yang telah dibuat sudah dapat menggerakkan kendaraan dalam kondisi jalan mendatar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Proses penelitian dapat dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.




Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan mulai Oktober 2020 sampai dengan Januari 2021 seperti dijelaskan dalam diagram bar chart berikut:






| NO | NAMA KEGIATAN | WAKU PELAKSANAAN | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------|------------------|---|---|---|----|---|---|---|-----|---|---|---|----|---|---|---|
| | | I | | | | II | | | | III | | | | IV | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Penentuan Tema/ judul | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Studi literatur | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Penyusunan Proposal | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| 4 | Persiapan Alat Uji | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 5 | Seminar Proposal | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 6 | Perakitan Alat Uji | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 7 | Ujicoba Alat | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 8 | Pengambilan Data | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| 9 | Analisa Data | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| 10 | Penyusunan Lap. Akhir | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| 11 | Sidang Skripsi | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |

C. Instrumentasi Penelitian

1. Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

| NO | Nama Alat Spesifikasi | Gambar |
|----|---|---|
| 1. | <p>Mesin Kompresor 1 PK</p> <p>Fungsi : Sebagai alat uji yang dimodifikasi pada bagian noken as untuk mesin penggerak udara</p> |  |
| 2 | <p>1 Unit Tabung O₂</p> <p>Fungsi sebagai pensuplai udara bertekanan yang akan disalurkan ke alat uji</p> |  |
| 3 | <p>Selang Udara</p> <p>Fungsi : Untuk menyalurkan udara dari kompresor ke mesin</p> |  |

| | | |
|---|--|---|
| 4 | <p>Keran Udara</p> <p>Fungsi : untuk mengatur buka tutup udara masuk ke dalam mesin</p> |  |
| 5 | <p>Pressure gauge</p> <p>Fungsi : Sebagai alat ukur tekanan udara</p> |  |
| 6 | <p>Tachometer</p> <p>Fungsi : Sebagai alat ukur untuk mengukur kecepatan poros</p> |  |
| 7 | <p>Benang Jagung</p> <p>Fungsi: untuk mengikat bandul dan poros sebagai pembebanan poros</p> |  |
| 8 | <p>Bandul Timbangan</p> <p>Fungsi : Sebagai pemberat/ variasi pembebanan poros</p> |  |

2. Skema Gambar Alat Pengujian



Gambar 3.1 Mesin Uji

3. Cara Kerja Alat

- a. Mesin kompresor dihidupkan untuk menampung udara dalam tabung kompresor.
- b. Setelah tekanan udara penuh, kemudian udara disalurkan ke mesin uji melalui selang.
- c. Keran selang udara dibuka untuk mengalirkan udara masuk kedalam mesin uji.
- d. Setelah udara masuk kedalam ruang mesin maka terjadi tekanan pada katup naik turun yang kemudian menggerakkan noken as.
- e. Noken as bergerak yang selanjutnya memutar poros penggerak.

4. Langkah-langkah Penelitian

- a. Siapkan Mesin Uji, kompresor, alat ukur dan alat tulis.
- b. Siapkan bandul pembeban dengan dimulai dari beban yang paling kecil.
- c. Ikatkan bandul pada tali dan hubungkan pada poros.
- d. Mesin kompresor dihidupkan untuk menampung udara dalam tabung kompresor.
- e. Setelah tekanan udara penuh, kemudian udara disalurkan ke mesin uji melalui selang.
- f. Keran selang udara dibuka untuk mengalirkan udara masuk kedalam mesin uji.
- g. Atur bukaan keran dan lihat tekanan udara.
- h. Catat setiap variasi bukaan keran terhadap perubahan kecepatan poros.
- i. Kecepatan poros diukur dengan menggunakan alat Tachometer.
- j. Lakukan pengujian dengan variasi bukaan keran udara dan pembebanan.
- k. Catat semua variasi bukaan keran dan pembebanan dalam table yang selanjutnya untuk dianalisa perhitungan untuk mendapatkan daya dan torsi mesin.

D. Metode Pengumpulan Data

Dalam teknik pengumpulan data, metode yang dilakukan oleh

penulis dalam mengumpulkan data-data ataupun materi-materi yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini, diantaranya adalah :

1. Studi Literatur

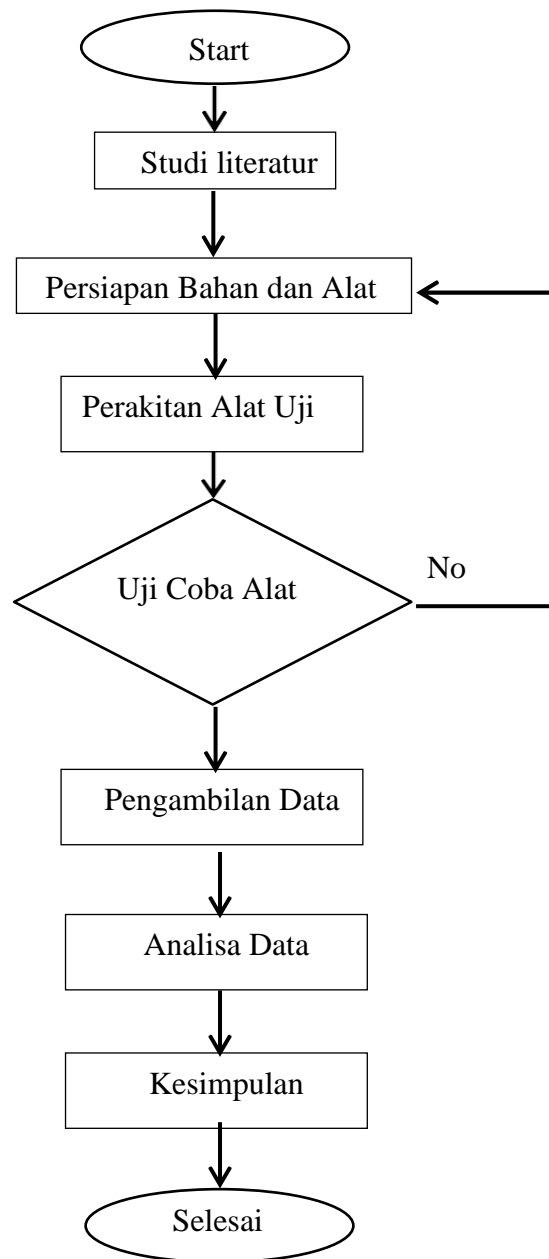
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara studi literatur dimana metode ini dilakukan dengan cara menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Studi literatur bisa didapat dari berbagai sumber yang ada, baik seperti jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka.

2. Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium adalah salah satu metode yang dilakukan dalam penelitian ini, dimana pengujian laboratorium ini berfungsi agar penulis dapat mengetahui hasil pengujian yang dilakukan, serta memperoleh data-data dari pengujian tersebut. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar yang ada, sesuai dengan peraturan dan ketentuan-ketentuan yang berlaku.

E. Metode Analisis Data

Teknik analisis data yang dihasilkan merupakan hasil kuat tekan di laboratorium. Hasil pengolahan data akan dibuat dalam bentuk diagram dan tabel dengan bantuan program Microsoft Excel dan selanjutnya disimpulkan secara deskriptif.

F. Diagram Alur Penelitian**Gambar 3.1 Rancangan Alat Uji**

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian mesin dengan menggunakan tenaga udara bertekanan yang dimasukkan langsung kedalam ruang bakar melalui selang dengan pengaturan keran (30^0 , 60^0 dan 90^0) bertujuan mencari bukaan yang sesuai agar diperoleh daya mesin yang maksimal. Berikut adalah hasil pengujiannya:

A. Hasil Pengujian

1. Pada Bukaan Keran 30^0 ($\frac{1}{3}$) dengan pembebanan 1-5 kg

Tabel 4.1 Pengujian Mesin Udara Bertekanan dengan Bukaan 30^0

| NO | BEBAN (m)Kg | UJI KE- | PUTARAN POROS (n) Rpm | TEKANAN O ₂ (LBS/IN ²) |
|----|----------------|-----------|--------------------------|--|
| 1 | 1 | 1 | 390,5 | 42 |
| 2 | 1 | 2 | 391 | |
| 3 | 1 | 3 | 392 | |
| 4 | | Rata-rata | 391,2 | |
| 5 | 2 | 1 | 382 | 42 |
| 6 | 2 | 2 | 381,4 | |
| 7 | 2 | 3 | 381,5 | |
| 8 | | Rata-rata | 381,6 | |
| 9 | 3 | 1 | 367,5 | 42 |
| 10 | 3 | 2 | 366,5 | |
| 11 | 3 | 3 | 368,4 | |
| 12 | | Rata-rata | 367,5 | |
| 13 | 4 | 1 | 355 | 41 |
| 14 | 4 | 2 | 355 | |
| 15 | 4 | 3 | 356 | |
| 16 | | Rata-rata | 355,3 | |
| 17 | 5 | 1 | 343 | 41 |
| 18 | 5 | 2 | 343,3 | |
| 19 | 5 | 3 | 344 | |
| | | Rata-rata | 343,4 | |

2. Pada Bukaannya Keran 60° ($\frac{2}{3}$) dengan pembebanan 1-5 kg

Tabel 4.2 Pengujian Mesin Udara Bertekanan dengan Bukaannya 60°

| NO | BEBAN (m)Kg | UJI KE- | PUTARAN POROS (n) Rpm | TEKANAN O ₂ (LBS/IN ²) |
|----|-------------|---------|-----------------------|---|
| 1 | 1 | 1 | 379 | 40 |
| 2 | 1 | 2 | 379,5 | |
| 3 | 1 | 3 | 379,5 | |
| 4 | | RATA2 | 379,3 | |
| 5 | 2 | 1 | 370,5 | 40 |
| 6 | 2 | 2 | 371 | |
| 7 | 2 | 3 | 371 | |
| 8 | | RATA2 | 370,8 | |
| 9 | 3 | 1 | 361 | 40 |
| 10 | 3 | 2 | 361,3 | |
| 11 | 3 | 3 | 362 | |
| 12 | | RATA2 | 361,4 | |
| 13 | 4 | 1 | 358,5 | 39 |
| 14 | 4 | 2 | 358,5 | |
| 15 | 4 | 3 | 359 | |
| 16 | | RATA2 | 358,5 | |
| 17 | 5 | 1 | 349 | 39 |
| 18 | 5 | 2 | 349 | |
| 19 | 5 | 3 | 349 | |
| | | RATA2 | 349 | |

3. Pada Bukaannya Keran 90° (Bukaan Penuh) dengan pembebanan 1-5 kg.

Pada pengujian bukaan keran penuh dengan variasi pembebanan 1 - 5 kg diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Pengujian Mesin Udara Bertekanan dengan Bukaannya 90°

| NO | BEBAN (m)Kg | UJI KE- | PUTARAN POROS (n) Rpm | TEKANAN O ₂ (LBS/IN ²) |
|----|-------------|---------|-----------------------|---|
| 1 | 1 | 1 | 366 | 39 |
| 2 | 1 | 2 | 367 | |
| 3 | 1 | 3 | 367 | |
| 4 | | RATA2 | 366,7 | |
| 5 | 2 | 1 | 350 | 38 |
| 6 | 2 | 2 | 350 | |
| 7 | 2 | 3 | 350,4 | |
| 8 | | RATA2 | 350,1 | |
| 9 | 3 | 1 | 342 | 38 |
| 10 | 3 | 2 | 343 | |
| 11 | 3 | 3 | 343 | |
| 12 | | RATA2 | 343 | |
| 13 | 4 | 1 | 330 | 38 |
| 14 | 4 | 2 | 330,5 | |
| 15 | 4 | 3 | 330,5 | |
| 16 | | RATA2 | 330,3 | |
| 17 | 5 | 1 | 322 | 38 |
| 18 | 5 | 2 | 322 | |
| 19 | 5 | 3 | 321 | |
| | | RATA2 | 322 | |

Dari hasil data pengujian diatas maka untuk mengetahui bukaan mana yang sesuai untuk menghasilkan daya yang maksimal maka dapat diketahui dengan analisa perhitungan sebagai berikut: (sampel perhitungan pada data rata-rata bukaan 90°; massa beban :1 (kg) sehingga daya poros yang diperoleh adalah:

$$P = T \cdot \omega$$

Dimana P = daya poros (Watt) T = Torsi (Nm) dan ω = kecepatan Angular (rad/s).

Adapun $T = W.b$

Dimana $W.$ = beban (N) = masa (1 kg) x gravitasi 9,8 (m/s^2)

b = jarak lengan (0,36 m)

$$\begin{aligned} \text{jadi} \quad T &= m.g.b \\ &= 1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,36 \text{ m} \\ &= 3,53 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Sedangkan kecepatan angular dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2.\pi.n}{60} \quad \text{jadi} \quad \omega = \frac{2 \times 3.14 \times 366}{60} = \frac{2298,48}{60} \\ &= 38,08 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Sehingga $P = T \times \omega$

$$\begin{aligned} &= 3,53 \times 38,08 \\ &= 135,15 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Bila daya ini dikonversi menjadi HP maka :

$$\begin{aligned} P &= \text{Watt} \times 0,00134 \\ &= 135,15 \times 0,00134 \\ &= 0,18 \text{ HP} \end{aligned}$$

Kemudian dari analisa hasil perhitungan tersebut untuk mempermudah hasil secara keseluruhan maka digunakan Ms.Excell sebagai analisa perhitungannya. Berikut table hasil perhitungannya:

Tabel 4.4 Rekap Hasil Perhitungan

| No | Bukaan Keran (°) | Beban (m)Kg | W = mg (N) | Put.Poros (n) Rpm | TekananO ₂ (LBS/IN ²) | Torsi (Nm) | Daya = $2\pi nT/60$ (Watt) | Daya (HP) |
|----|------------------|-------------|------------|-------------------|--|------------|----------------------------|-----------|
| 1 | 30 | 1 | 9,8 | 391,2 | 42 | 3,53 | 144,46 | 0,194 |
| 2 | 30 | 2 | 19,6 | 381,6 | 42 | 7,06 | 281,82 | 0,378 |
| 3 | 30 | 3 | 29,4 | 367,5 | 42 | 10,58 | 407,11 | 0,546 |
| 4 | 30 | 4 | 39,2 | 355,3 | 41 | 14,11 | 524,80 | 0,703 |
| 5 | 30 | 5 | 49 | 343,4 | 41 | 17,64 | 634,03 | 0,850 |
| | | Rata-rata | | 367,8 | 41,6 | 10,58 | 398,44 | 0,534 |
| 6 | 60 | 1 | 9,8 | 379,3 | 40 | 3,53 | 140,06 | 0,188 |
| 7 | 60 | 2 | 19,6 | 370,8 | 40 | 7,06 | 273,85 | 0,367 |
| 8 | 60 | 3 | 29,4 | 361,4 | 40 | 10,58 | 400,36 | 0,536 |
| 9 | 60 | 4 | 39,2 | 358,5 | 39 | 14,11 | 529,52 | 0,710 |
| 10 | 60 | 5 | 49 | 349 | 39 | 17,64 | 644,37 | 0,863 |
| 11 | | Rata-rata | | 363,8 | 39,6 | 10,58 | 397,63 | 0,533 |
| 12 | 90 | 1 | 9,8 | 366,7 | 39 | 3,53 | 135,41 | 0,181 |
| 13 | 90 | 2 | 19,6 | 350,1 | 38 | 7,06 | 258,56 | 0,346 |
| 14 | 90 | 3 | 29,4 | 342,9 | 38 | 10,58 | 379,86 | 0,509 |
| 15 | 90 | 4 | 39,2 | 330,3 | 38 | 14,11 | 487,87 | 0,654 |
| 16 | 90 | 5 | 49 | 322,1 | 38 | 17,64 | 594,70 | 0,797 |
| 17 | | Rata-rata | | 342,42 | 38,2 | 10,58 | 371,28 | 0,498 |

Dari hasil perhitungan yang ditabelkan diatas dapat diketahui bahwa:

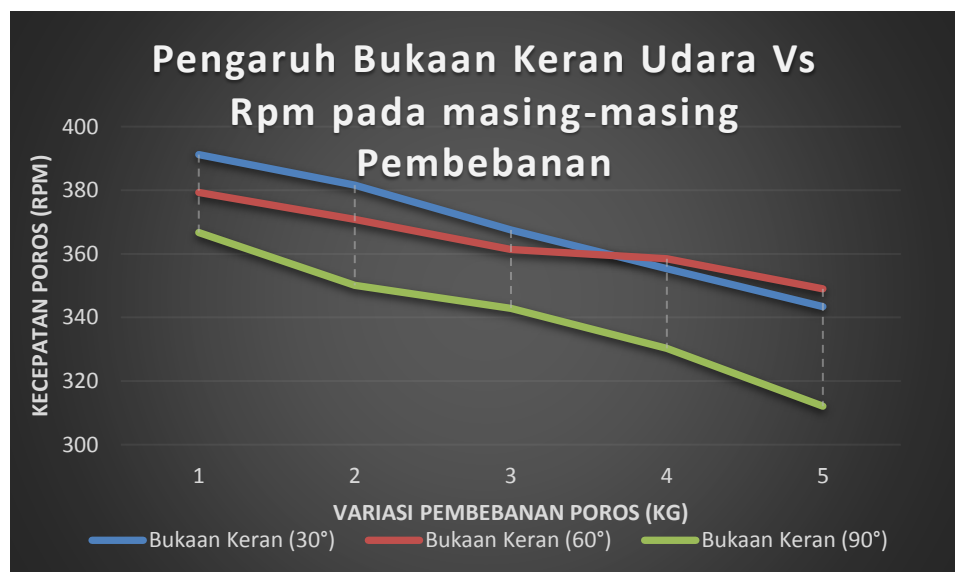
1. Bukaan 30⁰ diperoleh torsi rata-rata 10,58Nm dan daya rata-rata 398,44 Watt atau 0,534 HP.
2. Bukaan 60⁰ diperoleh torsi rata-rata 10,58Nm dan daya rata-rata 397,63 Watt atau 0,533 HP.
3. Bukaan 90⁰ diperoleh torsi rata-rata 10,58Nm dan daya rata-rata 371,28 Watt atau 0,498 HP.

Dari data diatas maka dapat diketahui bahwa bukaan udara bertekanan yang masuk kedalam ruang mesin yang menghasilkan daya maksimal adalah pada bukaan 30⁰ atau 1/3 putaran keran udara.

B. Pembahasan

1. Pengaruh Bukaannya Keran Terhadap Kecepatan Poros Mesin

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan mengatur jumlah udara yang masuk kedalam ruang mesin yaitu dari bukaan keran dari 30^0 , 60^0 dan 90^0 dan dilakukan analisa perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan dari teori tentang daya mesin, maka dapat diketahui hasil pengaruhnya sehingga dapat ditentukan kesimpulan yang lebih jelasnya dalam analisa grafik. Berikut hasil analisa grafik dari pengujian dan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Bukaannya Keran Terhadap Putaran Mesin

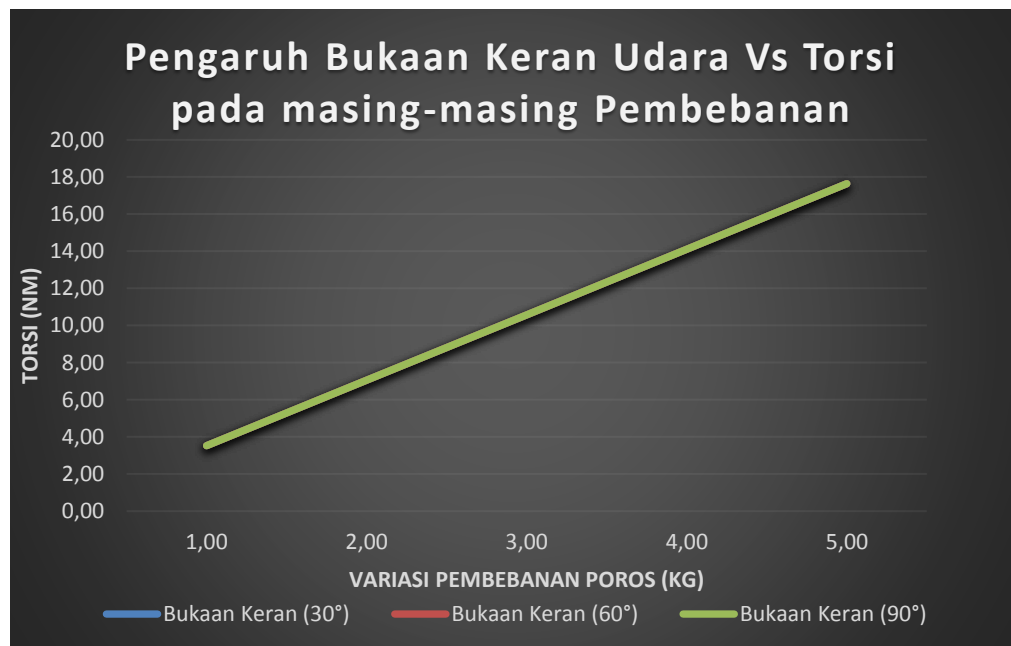
Dari grafik tersebut diatas dapat ditunjukkan bahwa mesin berpenggerak udara bertekanan mampu memutar poros dengan pembebanan 1 - 5 kg pada garis warna biru yaitu bukaan keran 30^0 menghasilkan putaran poros minimal 343,3 rpm dan putaran maksimal

391,2 rpm, sedangkan pada bukaan keran 60^0 garis warna merah menghasilkan putaran minimal 349 rpm dan putaran maksimal 379,3 rpm. Adapun pada bukaan keran 90^0 garis warna hijau menghasilkan putaran minimal 322,1 rpm dan putaran maksimal 366,7 rpm.

Dari ketiga variasi bukaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan putaran poros yang maksimal adalah pada bukaan 30^0 yaitu rata-rata 367,8 rpm, kemudian bukaan 60^0 dengan rata-rata putaran 363,8 rpm dan putaran poros terendah/mimumun yaitu pada bukaan 90^0 yaitu 342,42 rpm.

2. Pengaruh Bukaan Keran Terhadap Torsi Mesin

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan mengatur jumlah udara yang masuk kedalam ruang mesin yaitu dari bukaan keran dari 30^0 , 60^0 dan 90^0 dan dilakukan pembebanan yaitu 1 – 5 kg agar diketahui torsi mesinnya maka dapat dianalisa dengan menggunakan grafik sebagai berikut :



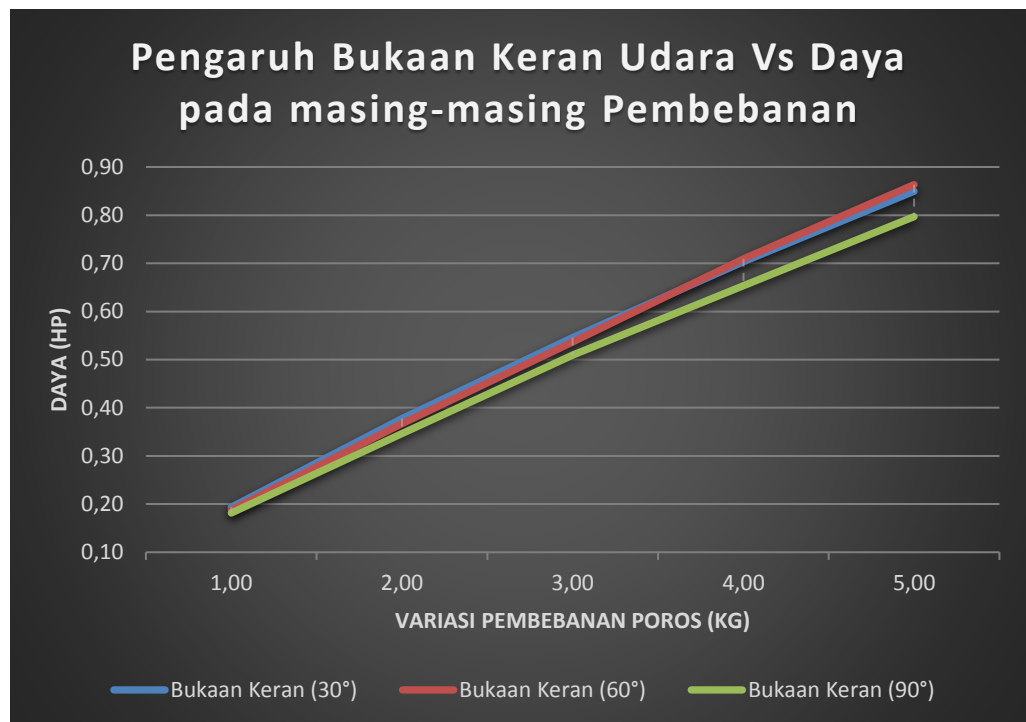
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Bukaannya Keran dan Pembebanan Terhadap Torsi Mesin

Dari grafik tersebut diatas dapat diketahui bahwa mesin berpengerak udara bertekanan dengan pembebanan 1 - 5 kg baik pada bukaan keran 30°, 60° dan 90° menghasilkan torsi yang sama yaitu minimal 3,53 Nm dan torsi maksimal 17,64 Nm.

Kesamaan torsi dari variasi bukaan tersebut disebabkan oleh factor yang mempengaruhi besarnya torsi itu sendiri yaitu pada beban dan jarak lengan dari pusat pembebanan, yang nilainya sama yaitu beban 1-5kg dan jarak lengan 0,36 m.

3. Pengaruh Bukaannya Keran Terhadap Daya Mesin

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan mengatur jumlah udara yang masuk kedalam ruang mesin yaitu dari bukaan keran dari 30°, 60° dan 90° dan dilakukan pembebanan 1 – 5 kg maka dapat diketahui daya mesin yang dihasilkan dengan analisa grafik sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Buka-an Keran dan Pembebanan Terhadap Daya Mesin

Dari grafik tersebut diatas dapat diketahui bahwa mesin berpenggerak udara bertekanan dengan pembebanan 1 - 5 kg pada bukaan keran 30⁰, 60⁰ dan 90⁰ menghasilkan daya yang cenderung sama yaitu pada bukaan 30⁰ dan 60⁰ sedangkan pada bukaan 90 mengalami penurunan. Pada bukaan 30⁰ (garis warna biru) daya minimal 0,194 HP dan daya maksimal 0,850 HP. Pada bukaan keran 60⁰ (garis warna merah) diperoleh daya minimal 0,188 HP dan daya maksimal 0,863 HP, sedangkan pada bukaan keran 90⁰ (garis warna hijau) diperoleh daya minimal 0,181 HP dan daya maksimal 0,797 HP.

Dari ketiga variasi bukaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan daya mesin yang maksimal adalah pada bukaan 30⁰ yaitu rata-rata 0,534 HP, kemudian bukaan 60⁰ dengan daya rata-

rata 0,533 HP, adapun daya mesin terendah/mimimun yaitu pada bukaan 90^0 yaitu 0,498 HP.

BAB V

PENUTUP

A. SIMPULAN

Dari hasil pengujian, analisa perhitungan dan grafik pada penelitian tentang analisa kinerja mesin berpenggerak udara bertekanan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa mesin berpenggerak udara bertekanan mampu memutar poros dengan pembebanan 1 - 5 kg dapat menghasilkan putaran poros yang maksimal adalah pada bukaan 30^0 yaitu rata-rata 367,8 rpm, kemudian bukaan 60^0 dengan rata-rata putaran 363,8 rpm dan putaran poros terendah/mimimun yaitu pada bukaan 90^0 yaitu 342,42 rpm.
2. Mesin berpenggerak udara bertekanan dengan pembebanan 1 - 5 kg baik pada bukaan keran 30^0 , 60^0 dan 90^0 menghasilkan torsi yang sama yaitu minimal 3,53 Nm dan torsi maksimal 17,64 Nm. Kesamaan torsi dari variasi bukaan tersebut disebabkan oleh factor yang mempengaruhi besarnya torsi itu sendiri yaitu pada beban dan jarak lengan dari pusat pembebanan, yang nilainya sama yaitu beban 1-5kg dan jarak lengan 0,36 m.
3. Variasi bukaan keran udara 30^0 , 60^0 dan 90^0 menghasilkan daya mesin yang maksimal rata-rata 0,534 HP adalah pada bukaan 30^0 , dan bukaan 60^0 dengan daya rata-rata 0,533 HP, adapun daya mesin terendah/mimimun yaitu pada bukaan 90^0 yaitu 0,498 HP.

B. SARAN

1. Pengaturan suplai udara bertekanan ke dalam mesin berdasarkan hasil penelitian, lebih baik pada bukaan keran minimum yaitu 30^0 saja selain menghasilkan putaran poros yang tinggi dan menghasilkan daya mesin yang maksimal juga lebih irit udara yang dikeluarkan sehingga udara cadangan yang tersimpan dapat digunakan lebih lama.
2. Pada pengujian selanjutnya perlu dilakukan penelitian tentang bentuk dan dimensi noken as yang sesuai agar lebih meningkatkan mekanisme kerja sehingga lebih memudahkan gerakkan awal mesin tanpa harus ada gerakkan putaran awal dulu sebelum mesin bekerja.
3. Perlu dilakukan penelitian untuk menurunkan suara (berisik) mesin sehingga nyaman bila dihidupkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisis Perubahan Diameter *Base Circle Camshaft* Terhadap Daya Dan Torsi Pada Sepeda Motor. Muhammad Shalahuddin Ghaly dan Yuniarto Agus Winoko prodi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang. Dalam Jurnal Flywheel, Volume 10, Nomor 2, September 2019.
- Analisis Sistem Pneumatik Sebagai Penggerak Kendaraan *Hybrid* Ramah Lingkungan. Rifqi Ijlal Taufiqi, Teknik Mesin UNNES, Juli 2020
- Buku Pedoman Penulisan Skripsi. Fakultas Teknik UPS Tegal, Edisi 4. 2019
- Desain dan Analisis Performasi Sistem Penggerak Purwarupa Kendaraan Hibrid Bertenaga Udara dan Listrik *Bed 18* menggunakan *Scotch Yoke Mechanism*. Desmas Arifianto Patriawan, Efrita Arfah Zuliari dan Satria Mahdum Purbo Waseso dari Jurusan Teknik Mesin dan Jurusan Teknik Elektro ITATS Surabaya dalam jurnal Jurnal IPTEK – Volume 23 Nomer 1, Mei 2019.
- Desain dan Analisis Performasi Sistem Penggerak Purwarupa Kendaraan Hibrid Bertenaga Udara dan Listrik “*Bed 18*” menggunakan “*Scotch Yoke Mechanism*”. Bambang Setyono¹, Desmas Arifianto Patriawan², Efrita Arfah Zuliari³, Satria Mahdum Purbo Waseso, Jurnal IPTEK – Volume 23. Nomer 1, Mei 2019.
- Mengenal Tipe Mekanisme katup. NSS Nusantara Sakti Group 2016. [http://www.nusantarasakti.com/news_event/mengenal tipe mekanisme katup](http://www.nusantarasakti.com/news_event/mengenal_tipe_mekanisme_katup) .
- Mobil Bertenaga Angin Indonesia. 2015. <https://www.pricearea.com/artikel/indonesia-pencipta-mobil-bertenaga-angin-pertama-di-dunia/>.
- Pengertian Mesin Udara. Wikipedia 2017. [https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin udara](https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin_udara).
- Perancangan Mesin Modifikasi Chamshaft (Noken As).Tugas Akhir. Ibrahim Hasan. UNY 2012.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

FOTO PROSES PENELITIAN



Proses Observasi dan Ujicoba Awal Mesin



Proses Pembongkaran



Proses Pembersihan Komponen Untuk Dicat



Proses Ujicoba Mesin



Proses Pengujian Mesin Udara



Proses Pengambilan Data